

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta bezpečnostního inženýrství**

**Katedra požární ochrany**

**Tepelně vlhkostní podmínky pod zásahovým oblekem  
hasiče při zvýšené fyzické námaze**

**Hygrothermal conditions under suit of firefighter during  
increased physical exertion**

**Student:**

**Michal Tisoň**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Ing. Šárka Bernatíková, Ph.D.**

**Studijní obor:      Technika požární ochrany a bezpečnost průmyslu**

**Termín odevzdání bakalářské práce:**

**18. 4. 2014**

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Michal Tisoň**

Studijní program:

B3908 Požární ochrana a průmyslová bezpečnost

Studijní obor:

3908R006 Technika požární ochrany a bezpečnosti průmyslu

Téma:

**Teplotně vlhkostní podmínky pod zásahovým oděvem hasiče při  
zvýšené fyzické námaze  
Temperature-Moisture Conditions under Firefighting Suits at Increased  
Physical Strain**

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Cílem práce bude popis změny mikroklimatických podmínek pod zásahovým oděvem hasiče při maximální fyzické námaze.

Charakteristika práce:

Teoretický rozbor.

Výběr vhodných parametrů ke sledování, návrh experimentu.

Realizace experimentálních testů a měření vybraných parametrů.

Vyhodnocení získaných dat.

Seznam doporučené odborné literatury:

Jiráček, Z., Vašina, B.: Fyziologie a psychologie práce. 2009. Ostravská univerzita v Ostravě, Ústav fyziologie a patofyziologie, Fakulta zdravotnických studií. 2. vydání, Repronis Ostrava, 157 stran. ISBN 978-80-7368-610-9

Silbernagl, S., Despopoulos, A.: Atlas fyziologie člověka. 2004. 3. české vydání, Grada Publishing s.r.o., Praha, 435 stran. ISBN 80-247-0630-X


LAWSON, L.K., CROWN, E.M., ACKERMAN M.Y. a DÁLE J.D.. Moisture Effects in Heat Transfer Through Clothing Systems for Wildland Firefighters. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics: (JOSE). 2004, Vol. 10, No. 3, s. 227-238.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Šárka Bernatíková, Ph.D.**

Datum zadání: 15.06.2013

Datum odevzdání: 18.04.2014

  
Ing. Petr Kučera, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Pavel Poledňák, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

Jméno a podpis autora

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl/a seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. O právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů;
- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby *1)*;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava (dále jen VŠB – TUO), dostupná k prezenčnímu nahlédnutí;
- beru na vědomí, že VŠB – TUO má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít v souladu s § 35 odst. 3 2);
- beru na vědomí, že podle § 60 3) odst. 1 autorského zákona má právo VŠB – TUO na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 3) odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého VŠB – TUO nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Jméno, příjmení:** Michal Tisoň

**Adresa:** Oborná 98

**Dne:** 15.4.2014

**Podpis:** .....

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

TISOŇ, M. *Tepelně vlhkostní podmínky pod zásahovým oblekem hasiče při zvýšené fyzické námaze: Bakalářská práce.* Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra požární ochrany a Bezpečnosti podniku, 2014, 33 s. Vedoucí práce: Ing. Šárka Bernatíková, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá měřením teploty a vlhkosti pod zásahovým oblekem hasiče při zvýšené fyzické námaze. V úvodu jsou uvedeny informace o termoregulaci lidského organismu a o lidské kůži. Dále je zde určena metoda měření a stanovení vhodného místa pro umístění teplotně-vlhkostního čidla. Dále určení orientační tepové frekvence při fyzické námaze. Na základě měření budou rozebrány jednotlivé měření a zhodnocen jejich průběh. Následuje porovnání všech měření, vyhodnocení jejich vzájemných charakteristik a vyhodnocení dat. Navržení opatření na omezení nepříznivých vlivů vyplívajících z měření, které by mohli ohrozit zdraví hasičů.

**Klíčová slova:** zásahový oblek, fyzická námaha, termoregulace, vlhkostní podmínky, TFA

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

TISOŇ, M. *Hygrothermal conditions under suit of firefighter during increased physical exertion: Bachelor Thesis.* Ostrava. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Safety Engineering, Department of Fire Protection, 2014, 33 p. Supervisor: Bernatíková, Š.

This bachelor thesis deals with measuring temperature and moisture under firefighter suit during increased physical exertion. In the beginning are mentioned information about thermoregulation of human organism and about human skin. Next step is to determine method of measuring and defining proper point to place temperature-humidity sensor. Another task is to define approximate heart rate during physical exertion. Each measurement will be analyse and whole process will be evaluated. Followed by comparison of measured values, evaluating of mutual characteristics and evaluating of data. At the end will be proposed provisions to mitigate the adverse effects resulting from the measurements that could endanger the health of firefighters.

**Keywords:** Rescue Suit, physical exertion, thermoregulation, moisture conditions, TFA

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Šárce Bernatíkové, Ph.D. za rady, podněty a připomínky v průběhu zpracování této bakalářské práce.

# Obsah

Úvod a cíl práce .....	1
Rešerše .....	2
Zhodnocení současného stavu řešené problematiky .....	3
1. Náplň práce hasiče .....	4
2. Lidská kůže .....	5
2.1 Pokožka .....	6
2.2 Škára .....	6
2.2.1 Mazové žlázy.....	6
2.2.2 Potní žlázy .....	7
2.3 Podkožní vazivo.....	7
3. Termoregulace lidského organismu.....	8
4. Zásahový oblek hasiče .....	9
5. Navržení metody měření.....	11
5.1 Závod TFA (Nejtvrdší hasič přežije).....	11
5.2 Měření .....	14
5.3 Měřicí přístroje .....	14
5.3.1 Měřicí přístroj ALMEMO+sonda pro měření teploty a vlhkosti.....	14
5.1.2 Měřič tepové frekvence Sporttestr RS100 .....	15
5.4 Stanovení tepové frekvence při závodu .....	16
6. Zhodnocení jednotlivých měření .....	17
6.1 TFA Berounský medvěd 2013 .....	17
6.2 TFA Hornosušská věž 2013 .....	17
6.3 TFA Hornolhotský železný hasič 2013.....	18

6.4	<i>TFA Štramberská trůba 2013</i> .....	18
6.5	<i>Akademické mistrovství ČR v TFA</i> .....	18
6.6	<i>Měření v polygonu v HBZS Ostrava</i> .....	19
7.	Vyhodnocení výsledku jednotlivých měření .....	20
7.1	<i>TFA Berounský medvěd 2013</i> .....	20
7.2	<i>TFA Hornosušská věž 2013</i> .....	21
7.3	<i>TFA Hornolhotský železný hasič 2013</i> .....	22
7.4	<i>TFA Štramberská trůba 2013</i> .....	23
7.5	<i>Akademické mistrovství ČR v TFA</i> .....	23
7.6	<i>Měření v polygonu v HBZS Ostrava</i> .....	24
8.	Porovnání výsledků.....	26
9.	Závěr .....	28
	Seznam použité literatury.....	30
	Seznam obrázku .....	32
	Seznam příloh: .....	33
	Příloha A .....	34



## Seznam použitého zkratk a termínů

TFA	Nejtvrdší hasič přežije (Toughest Firefighter Alive)
HBZS	Hasičský báňský záchranný sbor
MU	mimořádná událost
UV	Ultrafialové (ultraviolet)
PC	Osobní počítač (personal computer)
HZS	Hasičská záchranný sbor
MSK	Moravskoslezský kraj
ČR	Česká republika
VSB-TU	Vysoká škola báňská – Technická univerzita
NP	nadzemní podlaží
JPO	Jednotka požární ochrany
TL	tlakové láhve
Flashover	Celkové vzplanutí. Jev, při kterém téměř současně vzplanou všechny hořlavé látky.
Hypertermie	Zvýšení teploty organismu u člověka teplota 37 °C a vyšší.
Hypotermie	Pokles tělesné teploty při nadměrných ztrátách tepla pod 35 °C
Termoregulace	Udržení optimální tělesné teploty, navzdory podmínkám okolního prostředí.
Relativní vlhkost vzduchu [%]	
Teplota [°C]	

## Úvod a cíl práce

Dnes a denně zasahují hasiči v zásahových oděvech po celém světě v různých podmínkách, ať je teplota prostředí jakkoli vysoká. Při jejich činnosti vzniká fyzická aktivita, která je doprovázena vznikem tepla v organismu. Zvláště v letních měsících, kdy jsou zatěžováni teplým vzduchem a slunečním zářením. Tímto může docházet k přehřívání organismu. Proti tomuto jevu je tělo vybaveno mechanismy, díky kterým je kůže do jisté míry schopna regulovat teplotu. Jde o pocení a následné odpařování vody z povrchu kůže přičemž dochází k ochlazení. Odpařovaná voda je částečně odvedena pryč do okolí, ale většina je vsakovaná do oblečení hasiče. Kvůli tomu roste pod oblečením relativní vlhkost vzduchu.

Cílem bakalářské práce je stanovení relativní vlhkosti vzduchu pod zásahovým oblekem, a stanovení dosahovaných teplot pod zásahovým oblekem. Teplota a vlhkost bude stanovena pomocí měření za zvýšené fyzické zátěže při požárním sportu v disciplínách TFA a v jenom případě při cvičení v polygonu HBZS Ostrava, který je vybaven tepelnou komorou se simulací podmínek u požáru, ve které byla teplota 45 °C a relativní vlhkost 90 %. Dále bychom měli navrhnout vhodná opatření pro snížení rizik, která mohou vznikat z důvodu velkého tepelného zatížení a velké vlhkosti pod zásahovým oblekem.

## Rešerše

V téhle části se jsou uvedeny publikace, ze kterých byly čerpány informace a které nám pomohly z dané problematiky. Zbylé zdroje jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

DYLEVSKÝ, Ivan. *Somatologie: [učebnice pro zdravotnické školy a bakalářské studium]*. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Olomouc: Opava, 2000. ISBN 80-862-9705-5.

Literatura slouží především pro potřeby zdravotnických škol a bakalářského studia. Literatura obsahuje všechny odvětví somatologie. Nám postačily informace ohledně funkce a vlastností kůže. A pro pochopení funkce termoregulace lidského organismu. Tyhle dvě kapitoly jsou obsáhlé a dovolily nám zpracovat úvod do dané problematiky.

HAVLÍČKOVÁ, L. a kol. *Fyziologie tělesné zátěže 1. Obecná část*. 2. Vyd., Praha: Karolinum, 2008. 203 s. ISBN 80-7184-875-1

Tato publikace je určena pro obory zaměřující se na výuku tělovýchovy a sportu. Nám pomohla rozšířit vědomosti o termoregulaci lidského organismu při tělesné zátěži. Popisuje odezvu lidského organismu na zatížení. To je děje, které se dávají do pohybu při zvýšené námaze, jejich důsledky a energetické náklady na dané činnosti.

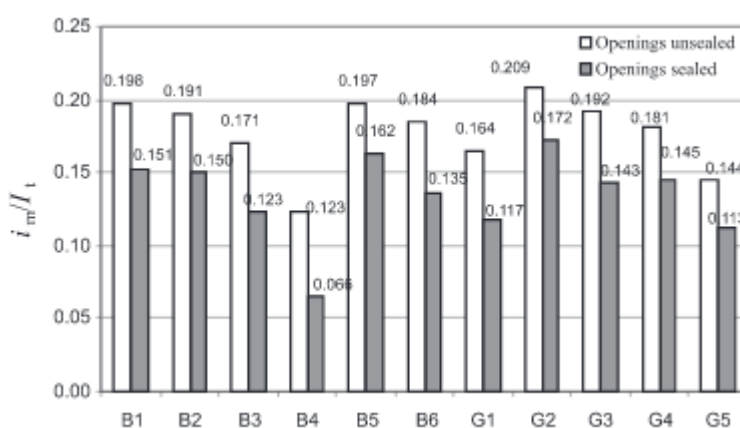
ČSN EN 469. *Ochranné oděvy pro hasiče* Praha: Český normalizační institut, květen 2006, 48 s.

Aktualizována norma, která nahrazuje normu ČSN EN 469:1995, určuje požadavky na technické provedení ochranných oděvů, používaných při likvidaci požárů a při jiných MU. Stanovuje se všeobecné provedení oděvů a hodnoty pro použité materiály. Dále určuje metody pro stanovení těchto hodnot.

## Zhodnocení současného stavu řešení problematiky

V českých publikacích se podobná problematika neřešila. Byla pouze řešená problematika propustnosti vlhkosti jednotlivými vrstvami hasičských oděvů. Dále byly zkoumány teplotně-izolační vlastnosti zásahových oděvů, kde byla zkoumána vzdálenost a doba působení tepelného toku na oděv. Časem se stanovila doba, za jakou teplota projde skrze oděv a dojde k poškození kůže.

V anglické literatuře byla nalezena studie, kde byly porovnávány různé zásahové oděvy v tepelných komorách. Šlo o stanovení kompromisu mezi zvolení takové tloušťky jednotlivých materiálů, aby bylo dosaženo dobrého odvodu tekutin zevnitř oděvu. Protože s rostoucí tloušťkou látky se snižovalo množství odvedené vlhkosti a zvyšovalo se samotné zahřívání od organismu z tělesné zátěže. Ale na druhou stranu, čím byl oděv tenčí, tím měl menší ochranné vlastnosti před tepelným zářením. Měření bylo prováděno na figurínách v tepelné komoře s teplotou 25 °C a relativní vlhkostí 65%. Figuríny byly vyhřáté na teplotu 35°C a povrch figuríny se udržoval vlhký pomocí vody na hodnotě 200g/m<sup>2</sup>. U jednotlivého obleku se stanovilo množství odpařované vody přes oděv. A to zaprvé při utěsněném oděvu na figuríně a při ponechaných otvorech v oděvu (tím myšleno nezapnutí límce, rukávu a ponechání i dalších otvorů jako u kotníků a v pase)[15]



Obrázek 1 Děje v jednotlivých oděvech [15]

Jde o poměr mezi  $i_m$ - index propustnosti vlhkosti a  $I_t$  – množství tepelné izolace obleku. Na vodorovné ose jsou zaznamenány různé druhy materiálu. Výsledkem této práce bylo vyvinout oblek, který je lépe tepelně izolován a ve kterém by docházelo k co nejmenšímu tepelnému stresu na hasiče.

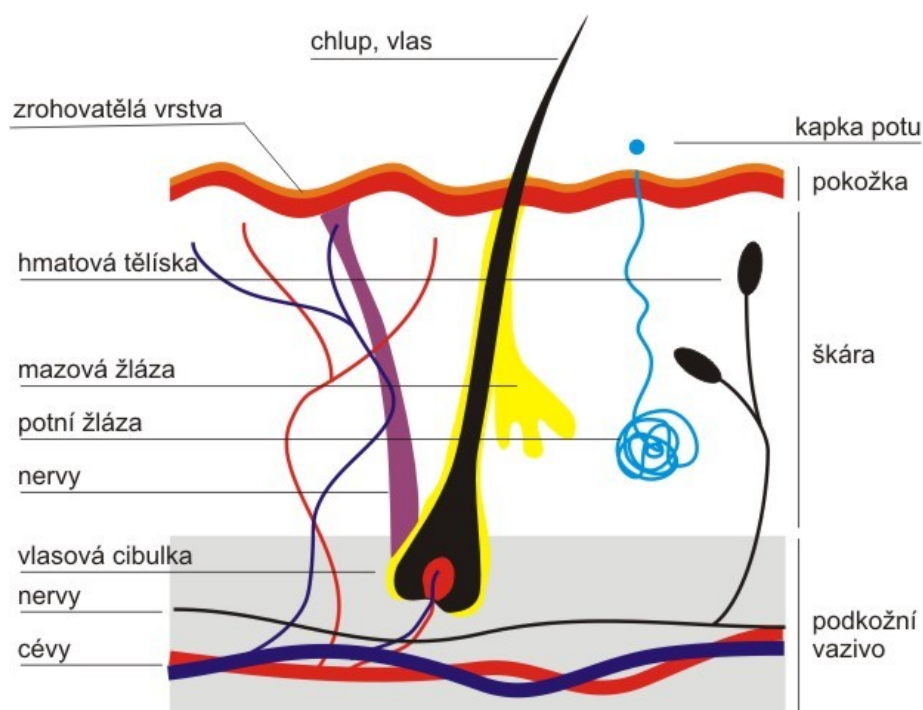
## **1. Náplň práce hasiče**

Pracovní činnost, je provádění hasebních prací, záchrana osob, zvířat a majetku při požárech a MU. Používají ochranné obleky, dýchací a měřicí techniku. Vyprošťují osoby při dopravních nehodách. Zásahují při úniku nebezpečných látek. Provádějí práci na vodě i pod vodou. Zajišťují spojení během zásahu. Dodržují bezpečnost práce a kulturu při zásahu.

Téměř, při každé činnosti hasiče, dochází k fyzické aktivitě. Jako například při vyprošťování lidí při autonehodě. Hasiči musí manipulovat s prostředky, mezi kterými se vyskytují i nástroje vážící desítky kilogramů, nebo při vytahování zraněné osoby z automobilu. Mezi další fyzicky náročné činnosti patří taktéž požáry, kdy si musí hasiči dopravit na místo požáru, od automobilu, všechny potřebné prostředky, které budou potřebovat. Od hadic potřebných k natažení dopravního vedení, proudnic, vyváděcích masek, až po nářadí na otevírání dveří. To může být v případě požáru budovy, až do libovolného NP, nebo do velké vzdálenosti v případě, kdy není možno dojet s vozem blíž. Poté, co se dostanou se vším, co potřebují k místu požáru, musí ještě provádět hasební práce. Tyto činnosti jsou doprovázeny velkou fyzickou zátěží, kterou musí hasiči zvládat. Proto je profese hasiče velmi fyzicky náročná a musí se udržovat v dobré kondici.

## 2. Lidská kůže

Kůže tvoří mechanickou ochranu těla. Jsou v ní uloženy různé druhy receptorů, a zároveň pomáhá při regulaci tělesné teploty. V podkoží je uložena zásoba tuku a vitamínů. Kůže je největší plošný orgán lidského těla. Plocha se odhaduje okolo 1,5-1,8 m<sup>2</sup> a váží přibližně 4,5 kg. Skládá se ze tří vrstev, a to z pokožky, škáry a podkožního vaziva (obr. 1). [3]



Obrázek 2 Řez lidskou kůží [8]

Kůže plní velké množství funkcí, mezi které patří především [1]:

- **Ochrana těla:** Kůže brání vnikání škodlivých látek do organismu. Je pevná, pružná a tažná, takže je odolná proti mechanickému působení jako tlaku, nárazům, tření atd. Pigment kůže chrání před UV zářením.
- **Smyslová funkce kůže:** V kůži je uloženo velké množství receptorů, které vnímají mechanické, tepelné a hmatové počítky.
- **Udržování tělesné teploty:** Díky velké ploše kůže a jejímu dobrému prokrvení hraje velký vliv při výměně tepla s okolím. Zrohovatělá část kůže je nejen mechanicky odolná, ale zároveň špatně tepelně vodivá. Chrání organismus před ztrátou tepla.

- **Skladovací funkce kůže:** Ukládá se zde množství tuku, jako energetická zásoba organismu a dále vitamíny rozpustné v tucích (A, D, E, K).
- **Vylučovací funkce kůže:** Zabezpečují to mazové a potní žlázy. Jejich sekret chrání kůži a celý organismus.
- **Resorpční funkce kůže:** Vnikání látek do těla. Kůže je nerozpustná ve vodě, proto látky vpravované do těla musí být přijímány v tukových rozpouštědlech.

## 2.1 Pokožka

Skládá se z množství vrstev plochých buněk, které na povrchu odumírají, rohovatí a odpadávají. Zrohovatělé buňky, které odpadávají, jsou rychle nahrazovány novými buňkami z hlubší vrstvy. Z hlubší vrstvy se obnovují i poškozené buňky vzniklé od poranění nebo poškození kůže. Buňky pokožky obsahují i bílkovinu, která je takřka nerozpustná ve vodě. Speciální buňky uložené hluboko v pokožce obsahují tmavohnědé barvivo – kožní pigment melanin. Barva kůže závisí na množství tohoto pigmentu, hloubce uložení a prokrvení kůže. [1]

## 2.2 Škára

Je to vazivová část kůže. Skládá se z vazivových buněk a elastických vláken. Mezi vlákny je uloženo množství tuku. Ve škáře jsou uloženy krevní a mízní cévy a nervy. Dále jsou zde vlasové kořeny, potní a mazové žlázy. Je zde i velmi bohatá cévní síť, odhaduje se až jeden litr krve. Ze škáry vybíhá proti pokožce velkým množstvím bradavkovitých výběžků, ve kterých je uloženo nervové zakončení. Díky nim vnímáme teplo, chlad, bolest a hmatové počítky. Ve škáře jsou dva druhy kožních žláz, jsou to mazové a potní žlázy. [1]

### 2.2.1 Mazové žlázy

Žlázy ústí krátkými vývody do průduchu mezi vlasy a chlupy, kde se polotekutý maz protlačuje na povrch kůže, na níž vytváří tenký film. Maz má především ochrannou funkci, špatně propouští vodu a chrání kůži před vysycháním.

### *2.2.2 Potní žlázy*

Jsou v kůži nerovnoměrně rozložené. Na těle je asi 2,5 milionu žlázek. Nejvíc na dlaních a na kůži čela. Na končetinách a trupu je žlázek méně. Klubíčkovitě stočené potní žlázy ústí na povrch kůže. Potní žlázy jsou patrné jako drobné otvory na kůži. Pot je tvořen z tkáňového moku, který je okolo potních žláz. Zvýší-li se průtok krve ve vlasečnicích, zvýší se i produkce potu. Pot obsahuje především vodu a chlorid sodný. Množství vylučování potu potními žlázami se potní žlázy uplatňují při regulaci tělesné teploty a zasahují do hospodaření s vodou.

## **2.3 Podkožní vazivo**

Je tvořeno z kolagenních a elastických vláken, mezi kterými jsou vazivové buňky. Jelikož jsou vazivové buňky daleko od sebe, tak umožňují pohyb kůže. Podkožní vazivo je schopno ukládat tuk. [1]

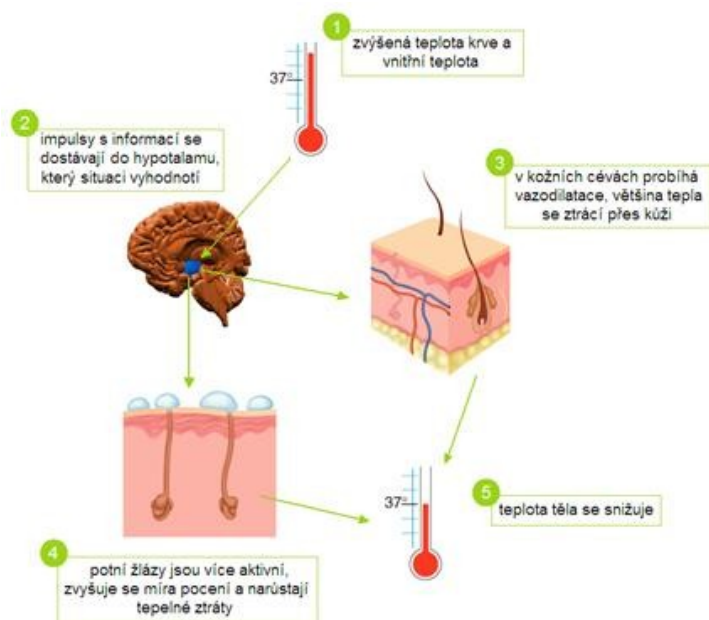


### 3. Termoregulace lidského organismu

Řízení tělesné teploty je zajištěno zvýšením tvorby a výdeje tepla. Tvorba tepla probíhá hlavně v tělesném jádře. Při zátěži se teplo vytváří až ze 70 % ve svalech a 30 % v ostatních orgánech. Velký význam na řízení teploty má roztahování a zužování kožních cév. Při zúžení cév dojde k poklesu výdeje tepla a při rozšíření cév dojde k zvětšení výdeje tepla. Pokud pro ochlazení organismu nestačí rozšíření cév, dojde k využití dalších mechanismů, jako pocení (zvýšený výdej tepla odpařováním). Celá regulace teploty je řízena z teplotního centra v mezimozku, které reaguje na teplotu protékající krve (obr. 2). Pokud se nedaří organismu regulovat teplotu, dochází k přehřátí (hypertermii) organismu, v opačném případě k podchlazení (hypotermii). [1]

Člověk může přežít velké teplotní výkyvy. Snáší teplo do 60-70 °C, nejnižší teplotu nelze stanovit, protože záleží na odolnosti, oděvu a na řadě dalších okolností. Vnitřní teplota těla může vystoupat krátce až na 43 °C a poklesnout až na 25 °C

Při fyzické zátěži dochází ke zvyšování tepla ve svalech 15 až 20x více než v klidu. Nejprve se teplota zvyšuje pouze ve svalech, kvůli proudění krve se teplo rozšiřuje do celého organismu a teplota jádra se zvyšuje. Tímto dochází ke zpuštění mechanismu regulace teploty.[4]



Obrázek 3 Schéma termoregulace [9]

#### **4. Zásahový oblek hasiče**

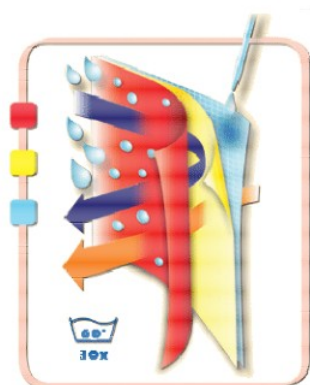
Zásahový oblek je jedním z hlavních ochranných prostředků, které hasič využívá při své činnosti. Zásahový oblek dále s dalšími ochrannými prostředky, chrání hasiče proti nebezpečí, které může ohrožovat zdraví hasiče na místě zásahu. Proto je dbán důraz na jeho požadavky, aby splňoval technické parametry, které mu předepisují technické předpisy, vyhlášky a normy. Ochranný oděv je určen k ochraně těla před účinky tepla, plamene, vody a mechanickému poškození, při zásazích v budovách i mimo ně. Skládá se z kabátu a kalhot, ze tří vrstev z moderních materiálů (Obr. 3). Díky použití vhodných a kvalitních materiálů, dokáže ovlivnit prostup tepla a odvádět vlhkost od těla. Kvůli těmhle vlastnostem dokáže oděv napomáhat lidské termoregulaci.[5]

Požadavky na vlastnosti jednotlivých vrstev[5] :

- Vnější vrstva musí být tepelně odolná, otěru vzdorná, trvale antistatická, dále ohebná a lehká. Chrání před působením vnějších vlivů proti teplu a krátkodobě i proti plamenům.
- Vlhkostní bariéra musí zamezit pronikání vody a chemikálii k pokožce hasiče, a zároveň by měla umožňovat odvádění vlhkosti, tedy potu od pokožky hasiče.
- Vnitřní vrstva umožňuje odvod vlhkosti. Slouží k ochraně před vnějším zdrojem tepla, zabraňuje průchodu tepla pod oblek a izoluje pokožku od zdroje tepla tzv. termální bariéra.

V našem případě se jedná o oblek využívaný HZS MSK a to Fireman Tiger PLUS který má materiálové složení:

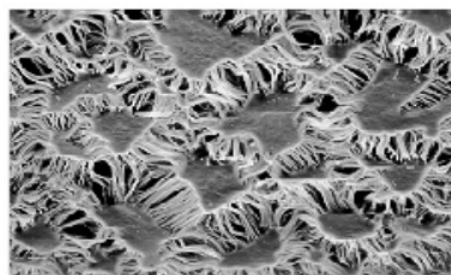
- NOMEX® Diamond Ultra, 210 g/m<sup>2</sup> - SOFIGUARD®
- GORE-TEX® Fireblocker N, 140 g/m<sup>2</sup>
- NOMEX® Comfort Grid, 200 g/m<sup>2</sup> - SOFIDRY®



NOMEX® Tough  
Sofiguard

GORE-TEX®

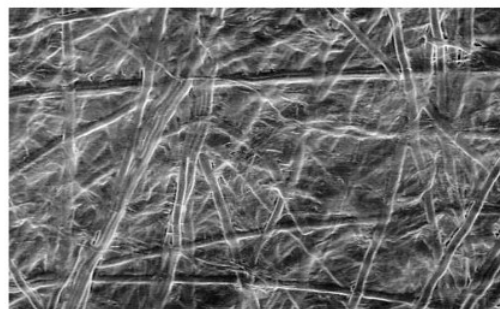
NOMEX  
Comfort® / Grid  
Sofidry



NOMEX



KEVLAR®



GORE-TEX

Obrázek 4 Hlavní tři materiály třívrstvého zásahového obleku

## 5. Navržení metody měření

Měření bude probíhat, při závodech „Nejtvrdší hasič přežije“ (TFA- Toughest Firefighter Alive). Jedná se o závody, které mají simulovat činnost hasičů. Závodník je oblečen v kompletní hasičské výstroji, což je kompletní hasičský zásahový oblek, zásahové rukavice, obuv a hasičská helma. Dále závodník nese dýchací přístroj jako zátěž, ale v některých závodech se soutěží i s aktivním dýchacím přístrojem. Některé závody dovolují použití lehké sportovní obuvi, druh obuvi však naše měření nijak neovlivňuje. Závodník musí během závodu splnit několik disciplín (disciplíny jsou popsány v následující kapitole 5.1) a nakonec doběhnout do cíle. Cíl bývá většinou umístěn tak, že závodník musí vystoupat do nějakého podlaží budovy, nebo na jiné polohou vysoké místo.

### 5.1 Závod TFA (Nejtvrdší hasič přežije)

Závody se konají každoročně ve stejných městech a start nebývá ve stejnou dobu. V každém závodě se vyskytují většinou stejné disciplíny, jako například překonání 2 m bariéry, přemístění figuríny, roztažení hadic B. Vyskytují se i výjimky, které se objevují jen v pár závodech jako zpestření. Pořadí disciplín se částečně mění závody, stejně jako počty opakování prováděné činností, které se mohlo měnit pouze v maximálně 10 opakování, jako například v disciplíně, kde se vyžívá Hummer box, což je železná konstrukce, ve které se bouchá kladivem do spodní a horní části konstrukce (Obr. 11). Největší rozdíl byl vždy v poslední disciplíně, kde se vždy jednalo o výběh, jako například rozhledny nebo důlní věže. Nejčastější scénář závodu se skládal: Připojení dvou B hadic na stroj PS12 a jejich roztažení (Obr. 8), následovalo překonání 2 m bariéry (Obr. 10), 40 úderů nahoru a dolů 10 kg kladivem v Hammer boxu (Obr. 11), přemístění 80 kg figuríny na vzdálenost 20 m (Obr. 13), vystoupaní na lešení (výška 2.NP) a vytažení barelu, pomocí lana, o hmotnosti 20kg, sbalení hadice B (Obr. 12), přenesení 2 kanistru s pěnidlem (Obr. 9), každý o hmotnosti 20 kg a následoval finální výběh až do cíle (Obr. 14 a Obr. 15).





Obrázek 5 Roztažení čtyř hadic B [11]



Obrázek 6 Přenesení dvou 20kg předmětů[12]



Obrázek 7 Překonání 2m bariéry[11]



Obrázek 8 Údery v Hammer boxu[11]





Obrázek 9 Motání hadic[12]



Obrázek 10 Přenesení 80kg figuríny[11]



Obrázek 11 Hráz Slezská harta[12]



Obrázek 12 Důlní věž František

## 5.2 Měření

Měřicí přístroj ALMEMO byl zapnut vždy chvíli před obléčením obleku. Z důvodu, aby se zaznamenaly podmínky, ve kterých závod probíhal. To z té příčiny, abychom mohli následně porovnat vliv klimatických podmínek na průběh měření. Zaznamenává se i po skončení závodu při sundání obleku, aby byl viditelný konec měření. Tohle neplatí u měření, kde máme pouze část dat. A to z důvodu: v jednom případě vypnutí měřicího přístroje a v druhém, vypadnutí konektoru sondy z měřicího přístroje. Data se zaznamenávaly a ukládaly každou sekundu.

## 5.3 Měřicí přístroje

K měření teploty a vlhkosti byl použit přístroj ALMEMO, který zaznamenává průběh změn veličin po celý čas trvání závodu. Další měřicí přístroj byl použit Sporttestr pro stanovení tepové frekvence během zátěže, přístroj je upevněn páskem k hrudníku. Pro sondu od přístroje ALMEMO, bylo určeno místo připevnění mezi trojvrstvý zášahový oblek a tričko v oblasti levé strany hrudního koše, zde se vyskytoval i samotný přístroj ALMEMO. Jedná se o jedno z nejbezpečnějších míst pro uložení přístroje. Žádné jiné místo není vhodné, protože při závodech TFA se závodník dostává přes různé překážky a zároveň využívá množství prostředků. Uložit přístroj na zadní stranu zad není možné z důvodu nesení dýchacího přístroje a přední strana trupu není vhodná, kvůli překonávání bariéry. Využití kapes u kalhot zášahového obleku také není vhodné, kvůli nutnosti běhu, při němž by neměřicí přístroj překážel v pohybu. Přístroj se tedy upevnil do vnitřní kapsy zášahového kabátu a sonda se vyvedla ke středu hrudního koše, kde se upevnila k zášahovému kabátu.

### 5.3.1 *Měřicí přístroj ALMEMO+sonda pro měření teploty a vlhkosti*

Přístroj ALMEMO (Obr. 4) pro měření teploty, vlhkosti. Pomocí použití sondy (obr. 5). Využívá software AMR-Control. Ruční ukládání měřených hodnot do paměti a jejich vyvolání na displej nebo přes rozhraní do PC. Dokáže zaznamenat až 10 hodnot za

sekundu. [6] U přístroje byla provedena kalibrace vlhkoměru za použití soli  $MgCl_2$  a  $KCl$ . Z naměřených hodnot vyplývá koeficient kalibrace, pro hodnoty je v Příloze A.



Obrázek 13 Přístroj Almemo [6]



Obrázek 14 Teplotně vlhkostní sonda [6]

### 5.1.2 Měřič tepové frekvence Sporttestr RS100

Tenhle sporttestr (Obr. 6) má vlastnosti klasických hodinek, hlavní funkce je zaznamenávání tepové frekvence pomocí hrudního pasu, pomocí bezdrátového spojení s hodinkami (Obr. 7). Má vlastnosti hlídání tepové frekvence. Tepovou frekvenci zaznamenává na vnitřní paměť. Data je možno importovat do PC, kde můžeme sledovat průběh tepové frekvence v čase. [7]



Obrázek 15 Sporttester RS100 [7]



Obrázek 16 Bezdrátový hrudní pás [7]



## 5.4 Stanovení tepové frekvence při závodu

Stanovení fyzické zátěže dle tepové frekvence. Zvyšování tepové frekvence je závislé na zatížení organismu. Je samozřejmě ovlivněno i fyzickou zdatností měřeného subjektu. Měření probíhalo taktéž během závodu.



Obrázek 17 Měření tepové frekvence

Jedná se o závod typu, kde byla trať rozdělena na čtyři části. Z obrázku 16 lze vidět, že samo napětí před závodem ovlivnilo měření, jelikož samotný závod začíná, až „vystřelením“ tepové frekvence na hodnotu okolo 190 tepů/min, kde se ve všech čtyřech úsecích pohybuje v rozmezí od 185-195 tepů/min, tuhle hodnotu stanovují jako jeden z parametrů, při kterých dochází ke změně klimatických podmínek v našich měřeních. Je pravděpodobné, že měření, při kterých by nebylo dosahováno takového zatížení (tepové frekvence), by se lišilo i v naměřených hodnotách relativní vlhkosti přístrojem ALMEMO. Proto je důležité stanovit hodnotu tepové frekvence. Maxima tepové frekvence v jednom okamžiku dosáhla až hodnoty 201 tepů/min.

Maximální tepová frekvence se stanovuje podle:

$$SF = 220 - \text{věk} = 220 - 23 = 197 [2]$$

## **6. Zhodnocení jednotlivých měření**

Měření nebylo vždy stejné, proto se pokusíme popsat klimatické podmínky při závodech, dále popíšeme průběh a disciplíny závodu. Měřilo se celkem v 5 závodech, z nichž máme 6 výsledků. A jedno měření proběhlo v polygonu HBZS Ostrava.

### **6.1 TFA Berounský medvěd 2013**

První závod se konal 4. 5. 2013. Závod začínal v 15:00 hod., startoval jsem v 15:12 hod., ten den bylo oblačno. V ranních hodinách přšelo a relativní vlhkost byla 76,4 %. Bylo i trochu větrno a venkovní teplota byla 19,09 °C. Při závodě byla povolena sportovní obuv. Startovalo se s aktivním dýchacím přístrojem. Závod měl tyto disciplíny: roztažení 4 hadic B, překonání bariery, následoval Hammer box s 35 údery nahoru a dolů, tažení figuríny na vzdálenost 20 m, přenesení 2 hadic B na vzdálenost 20 m a následoval výběh 250 m s převýšením 35 m.

### **6.2 TFA Hornosušská věž 2013**

Druhý závod se konal 27. 7. 2013. Závod začínal v 13:00 hod., tohoto závodu máme dvě měření (Obr. 17 a Obr. 18). Druhé proběhlo bez problémů, ale při prvním došlo k odpojení sondy od měřicího přístroje, takže z něj máme pouze částečná data. Ten den bylo jasno, nebyla žádná oblačnost. Závod se konal uprostřed léta a převládaly, několik týdnů, trvající tropické teploty. V den závodu, před startem, byla naměřena teplota prostředí 39,5° C a relativní vlhkost byla 27,6 %. Bylo bezvětří. Při závodě byla povolena sportovní obuv. Startovalo se s dýchacím přístrojem, který byl pouze jako zátěž. Závod měl tyto disciplíny: 4 hadic B, překonání bariéry, následoval výstup na lešení a vytažení 20 kg barelu s vodou pomocí lana, smotaní 1B hadic, Hammer box s 40 údery nahoru a dolů, tažení figuríny na vzdálenost 20 m a následoval výběh po schodišti ve výškové budově (cca 394 schodů). Při vbíhání do budovy se měnila teplota prostředí na 25°C.

### **6.3 TFA Hornolhotský železný hasič 2013**

Jednalo se o jedinou noční soutěž, která startovala v 21:00 hod. dne 17. 8. 2013. Startoval jsem v 21:34 hod. Pár dnů před soutěží se ochladilo a začaly se vyskytovat drobné přeháňky. Tak tomu bylo i v den konání soutěže. Nízké teploty byly ještě sníženy tím, že se závod konal ve večerních hodinách. Teplota prostředí byla 13,9 °C a vlhkost dosahovala 92,7 %. Závodilo se v zásahové obuvi s aktivním dýchacím přístrojem. Závod měl tyto disciplíny: 4 hadic B, překonání 2m bariéry následovalo přeskákání 10 automobilových pneumatik, Hammer box s 30 úderů nahoru a dolů, přenesení dvou 20 kg kanistru na vzdálenost 40 m, svinutí jedné hadice C, tažení figuríny na vzdálenost 20 m a závěrečný výstup po sjezdovce na Vaňkův kopec cca 250 m.

### **6.4 TFA Štramberská trůba 2013**

Závod konaný 7. 9. 2013. Závod začínal v 9:00 hod. Startoval jsem v 9:28 hod. Ten den bylo jasno. Zářijová ranní teplota byla 20 °C a relativní vlhkost vzduchu byla 54,1 %. Startovalo se v zásahové obuvi s dýchacím přístrojem jako zátěž. Závod měl tyto disciplíny: napojení a roztažení 4 hadic B, Hammer box s 35 úderů nahoru a dolů s 6 kg kladivem následovalo překonání 2 m bariéry, tažení figuríny na vzdálenost 20 m, vystoupaní po lešení a vytažení 20 kg kanystru s vodou pomocí lana na lešení a finální část výběh po zámeckých schodech do věže Štramberská trůba, celkem cca 300 schodů a převýšení cca 60 m.

### **6.5 Akademické mistrovství ČR v TFA**

Poslední závod sezóny, kterého jsem se účastnil, se konal 26. 9. 2013. Závod začínal v 10:30 hod., startoval jsem v 10:50 hod. V areálu kolejí VŠB-TU Ostrava. Počáteční klimatické podmínky byly relativní, vlhkost vzduchu 77,2 %, z důvodu nočního deště a teplota vzduchu 23,2 °C. Jednalo se o specificky členěný závod. Byl rozdělen do čtyř částí, mezi kterými byly přestávky na vydýchání. První částí závodu, bylo připojení dvou koncovek hadice B na stroj PS12 a roztažení 4 hadic B a smotání 2 hadic B a uložení do připraveného boxu. Druhá část začínala Hammer boxem 40 úderů, následovalo pronesení kanystru s vodou o hmotnosti 20 kg přes tunel, tažení 80 kg figuríny na vzdálenost 30 m a

překonání bariery. Třetí část byla o ustavení 2 nastavovacích žebříku a vystoupaní na lešení, na které se pak pomocí lana vytáhly dvě hadice B a po slezení opět dolů se musely zapojit púlspojky na nadzemní hydrant. Poslední, a to čtvrtý úsek, bylo vyběhnutí do 13.NP v budově koleji.

## **6.6 Měření v polygonu v HBZS Ostrava**

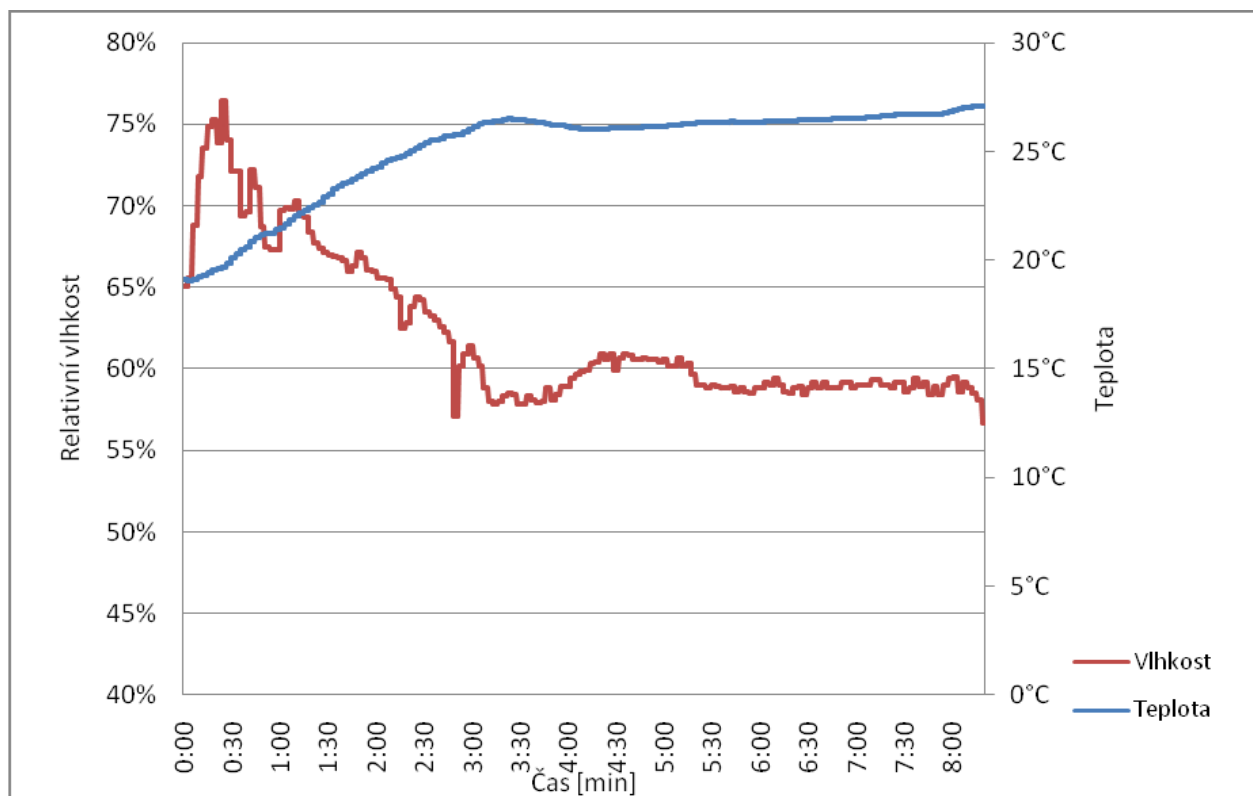
Měření v polygonu Bánského hasičského záchranného sboru v Radvanicích. Je určen pro výcvik JPO. Polygon se skládá ze dvou prostorů, první je klasický polygon, kde si hasiči zkouší a zlepšují své dovednosti v protahování a prolézání překážek a druhý je navíc vybaven tzv. tepelnou zátěží, což znamená, že jsou tam uměle vytvořeny podmínky, které mají simulovat požár. Tyto podmínky byly relativní, vlhkost vzduchu 90 % a teplota dosahovala 45 °C u stropu a teplota u podlahy byla 42 °C.

## 7. Vyhodnocení výsledků jednotlivých měření

V této kapitole se budeme zabývat rozбором jednotlivých výsledků, které vyplývají z naměřených hodnot.

### 7.1 TFA Berounský medvěd 2013

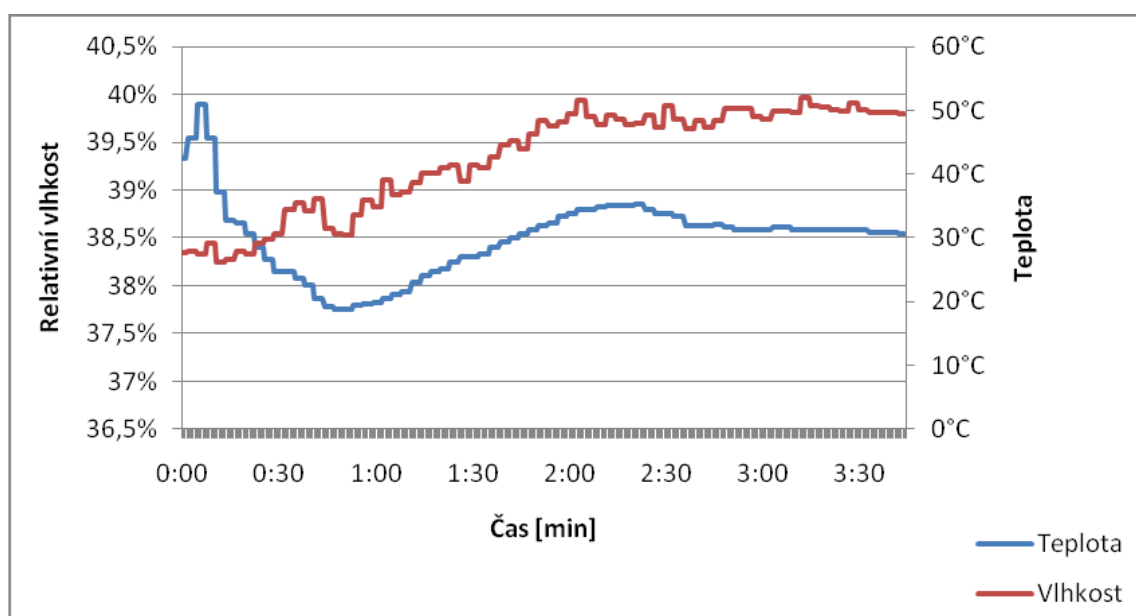
Závod trval 8 minut, ale z obrázku 17, jde pozorovat, že už okolo 3 minuty se teplota pod zásahovým oblekem ustálila na teplotě 26 °C a zbylých 5 minut stoupla už jen o 1 °C. Tedy před koncem měření byla maximální teplota pod oděvem 27,11 °C. Relativní vlhkost vzduchu, která díky vysoké vlhkosti prostředí, začínala na hodnotě 76,4 %, během 3 minut klesla na hodnotu 60,2 % a až do konce závodu se pohybovala v rozmezí 59,5±1 %. Je patrné, že klimatické podmínky se pod zásahovým oblekem ustálily, už po 4 minutě probíhajícího měření.



Obrázek 18 Měření na TFA Berounský medvěd

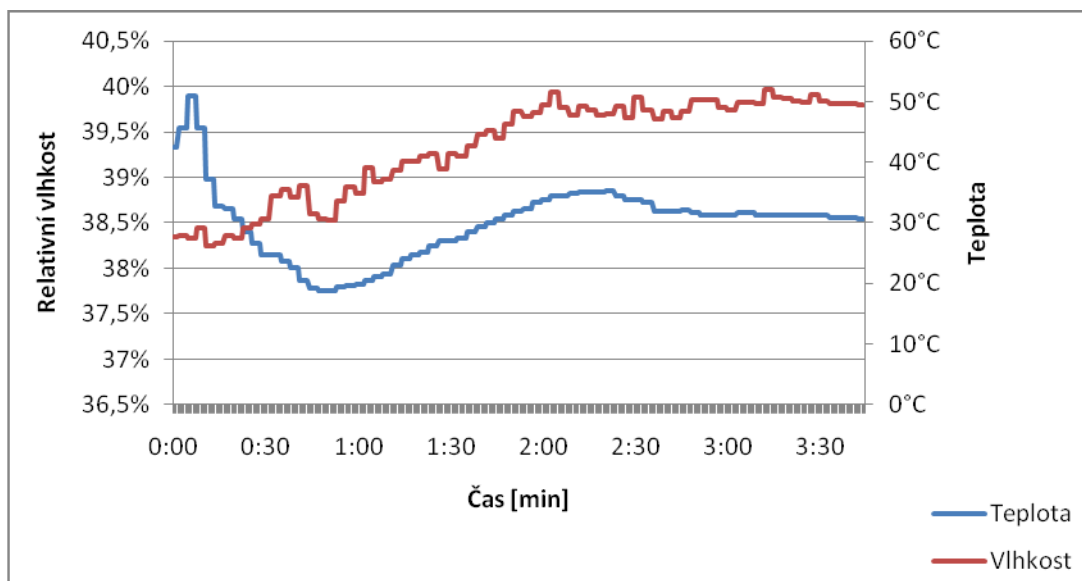
## 7.2 TFA Hornosušská věž 2013

První měření je pouze částečné (Obr. 18). Ale i ze zaznamenaných necelých 4 minut lze odečíst ustálené prostředí, které vzniklo pod oděvem. Teplota i přes to, že teplota prostředí byla vyšší, tak se snížila z 39,9 °C na teplotu 37,6 °C ,a pak se ustálila na teplotě  $38,5 \pm 0,5$  °C ,až do přerušení měření. Naopak lze vidět nárůst vlhkosti z 27,6 % až na 49,5 %.



Obrázek 19 TFA Hornosušská věž 1 měření

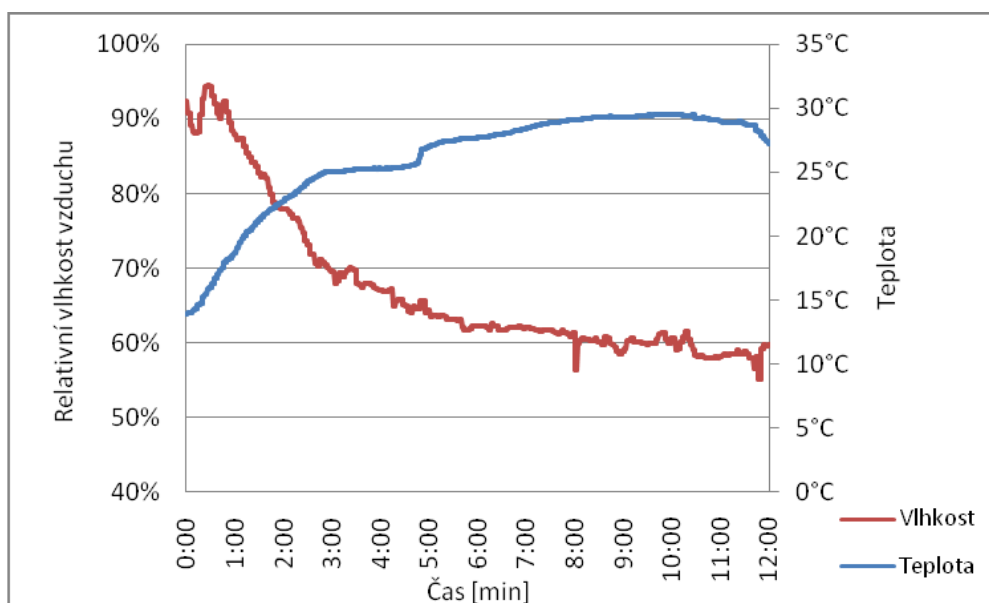
Z výsledku druhého měření (Obr. 19) je patrné, že vlhkost rostla celou dobu měření, až do hodnoty  $62 \pm 2$  % a teplota se snižovala z maximální naměřené hodnoty 37,7 °C, až na hodnotu 35,2 °C. I přes to, že v čase okolo 5 minut se vbíhalo do budovy, kde byly jiné klimatické podmínky, tak nedošlo k žádné výrazné změně. Trend klesající teploty se nezměnil. Pouze se zastavilo stoupání vlhkosti, které mohlo být zapříčiněno i dosažením rovnováhy mezi pocením a odvodem potu.



Obrázek 20 TFA Hornosušská věž 2 měření

### 7.3 TFA Hornolhotský železný hasič 2013

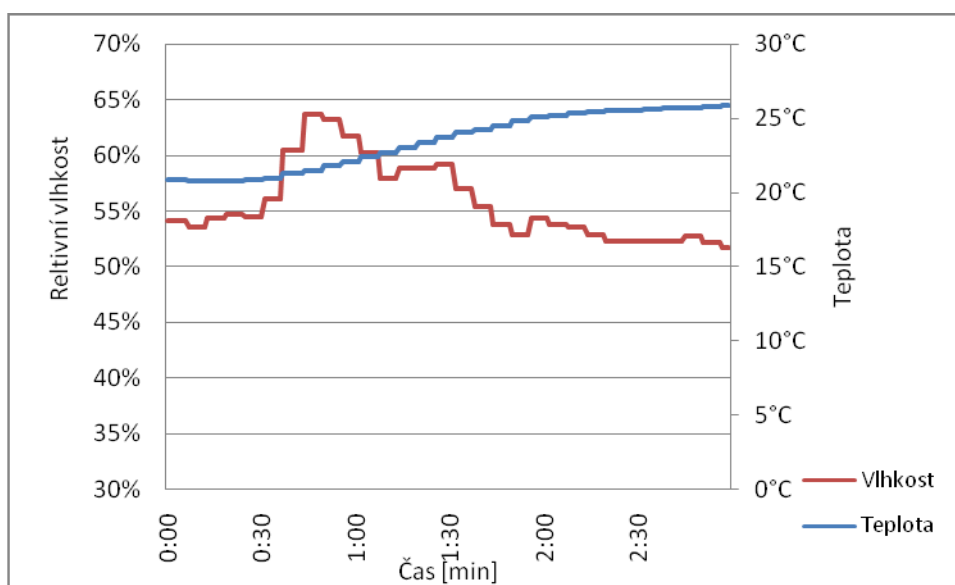
Z měření je patrné, že ihned po oblečení a startu se klimatické podmínky pod oděvem okamžitě odchýlily od venkovního prostředí. Vlhkost klesá z hodnot přes 90 % relativní vlhkosti vzduchu na hodnotu okolo 63 % a následně pomalu klesá, až se ustálí na hodnotě relativní vlhkosti vzduchu  $59 \pm 1$  %. Naopak tomu je u teploty, kde dochází k zahřívání z teploty  $13,9$  °C až na teplotu  $29,6 \pm 0,5$  °C, kde se ustálí, až ke konci, kdy dojde k rozepnutí oděvu.



Obrázek 21 TFA Horní Lhota

## 7.4 TFA Štramberská trůba 2013

Při tomhle měření došlo k vypnutí měřicího přístroje (Obr. 21). Proto máme jen část dat, ze kterých jde zhruba odhadnout trend, kterým se mohly hodnoty dále odvíjet. Jde vidět, že teplota se pomalu blíží k teplotě 30 °C, ale měření končí hodnotou 25,6 °C. Nárůst teploty pomalu klesal, ale v posledních částech byl nárůst 0,5°C za 30 s. Takže s velkou pravděpodobností je hodnota 30 °C i reálná. Naopak u vlhkosti odhadování není možné, protože není zřejmý následující průběh. Pouze jde stanovit, že po čase 1 min od startu měření, došlo k poklesu vlhkosti pod zásahovým oděvem.

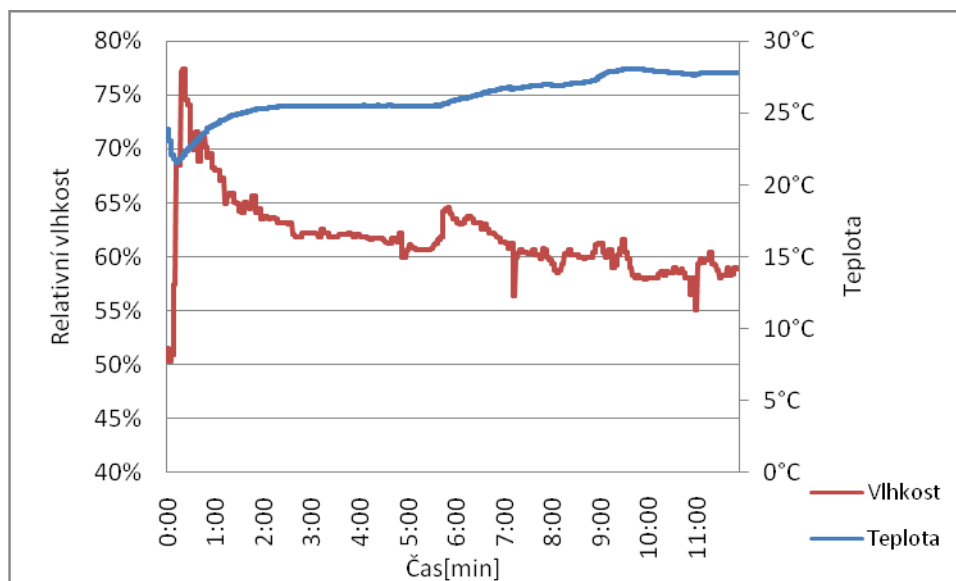


Obrázek 22 TFA štramberská trůba

## 7.5 Akademické mistrovství ČR v TFA

Měření ukazuje (Obr. 22), že ve velmi krátké době došlo k ustálení relativní vlhkosti, která se pohybovala okolo 60 %. Drobné výkyvy mohly být způsobeny přestávkami mezi jednotlivými úseky, ale i tak jsou tyhle výkyvy, jako je například v čase 5:00 min až 6:00 min. velmi nepatrné. Z čehož vyplývá, že i při přerušení činnosti, nedochází ke změně ustáleného klimatu pod zásahovým oděvem. Tohle nám potvrzuje i fakt, že v době nečinnosti, stále rostla teplota stejným tempem jako v čase fyzické aktivity. Teplota se vyšplhala až na hodnotu 27,52 °C



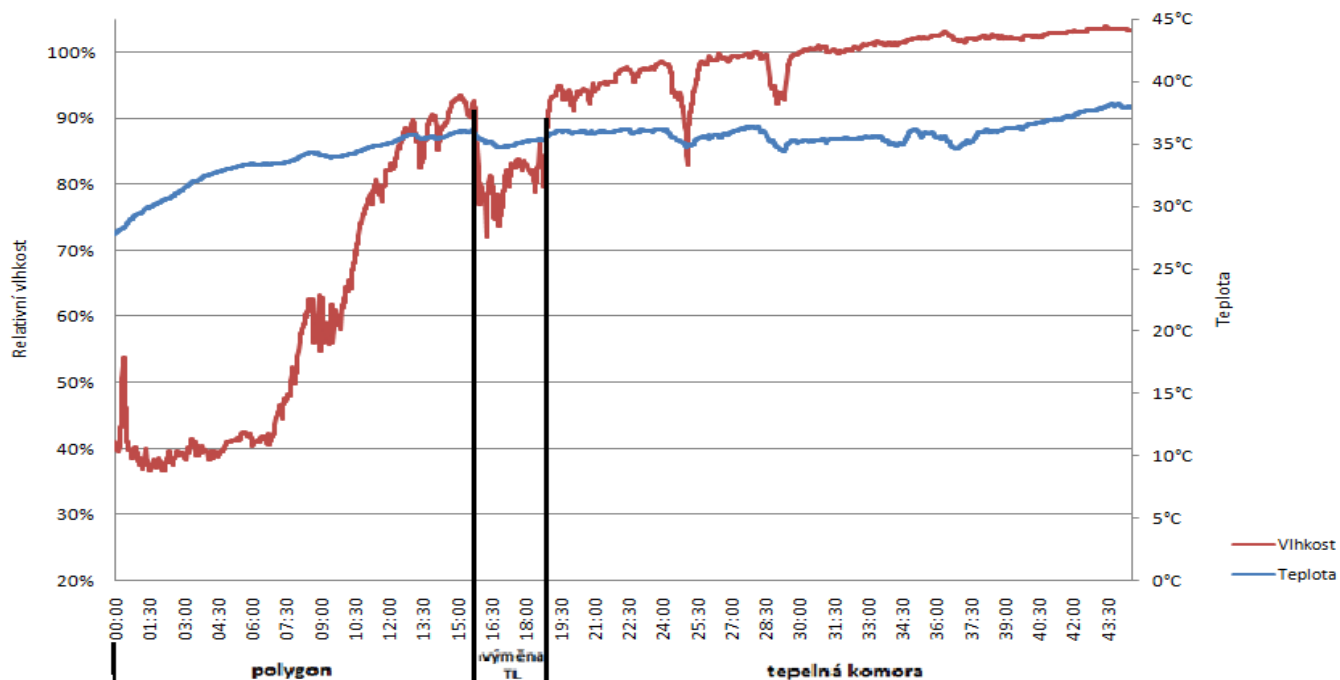


Obrázek 23 Akademické mistrovství v TFA

## 7.6 Měření v polygonu v HBZS Ostrava

Měření v polygonu bylo pro tuhle práci zásadní, protože nám ukázaly změnu klimatických podmínek v delším časovém intervalu (Obr. 23). Je patrné, že vlhkost pod oděvem se ze začátku ustálila jako v předchozích případech. Vlhkost se držela stále okolo 40 %, dokud se zvyšovala teplota pod oděvem. Jakmile se dosáhlo teploty pod oděvem 33,8 °C v čase 7:30 min, začal rapidní nárůst vlhkosti, která stoupala až do času 16:00 min a to byla vlhkost pod oděvem 91,2 %. V tuhle chvíli došlo k výměně tlakových lahví kvůli nedostatku vzduchu, který by nás mohl potkat v tepelné komoře. To je patrné a zaznačené v grafu poklesem vlhkosti z důvodů částečného rozepnutí zásahového oděvu. Po výměně tlakových láhví se vzduchem se vlhkost opět vrátila do původní hodnoty. Po vkročení do tepelné komory, kde byla relativní vlhkost vzduchu 90 %, dochází ke zvyšování vlhkosti pod oděvem až na hodnotu 98 % (hodnota uvedená po korekci). Teplota po dosažení 36 °C, což bylo v čase 12:00 min, se pohybovala v rozmezí 1,5 °C nahoru a dolů. Teplota se držela, až do času 38:00 min kdy teplota začala růst, až do konce měření, tedy až na teplotu 38,04 °C. Tenhle konečný nárůst mohl být způsobený nedostatečným ochlazováním těla díky mechanismům, které byly popsány v úvodní kapitole (č.k. 3). Subjektivní změna zátěže organismu byla zřetelná i pocitově, začalo docházet k závratím vestoje. Z pozorování a diskuzí s ostatními členy skupiny po skončení, jsem zjistil, že závratě s tzv. „točení hlavy“ nebyl jev, který se vyskytl pouze u mne, ale zátěž se projevila

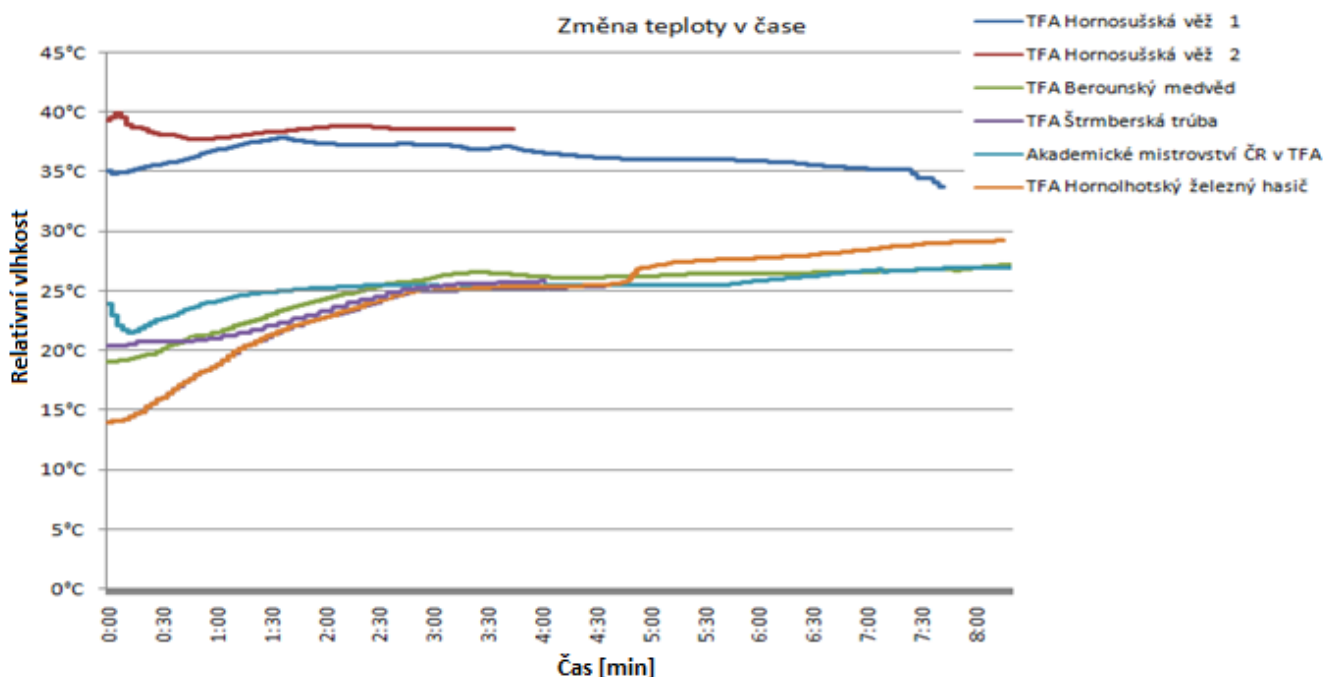
i u ostatních členů. Protože i vizuálně šlo vidět, že při čekání na ostatní členy mezi překážkami si všichni ze skupiny raději poklekli, než aby stáli.



Obrázek 24 Měření v polygonu HBZS

## 8. Porovnání výsledků

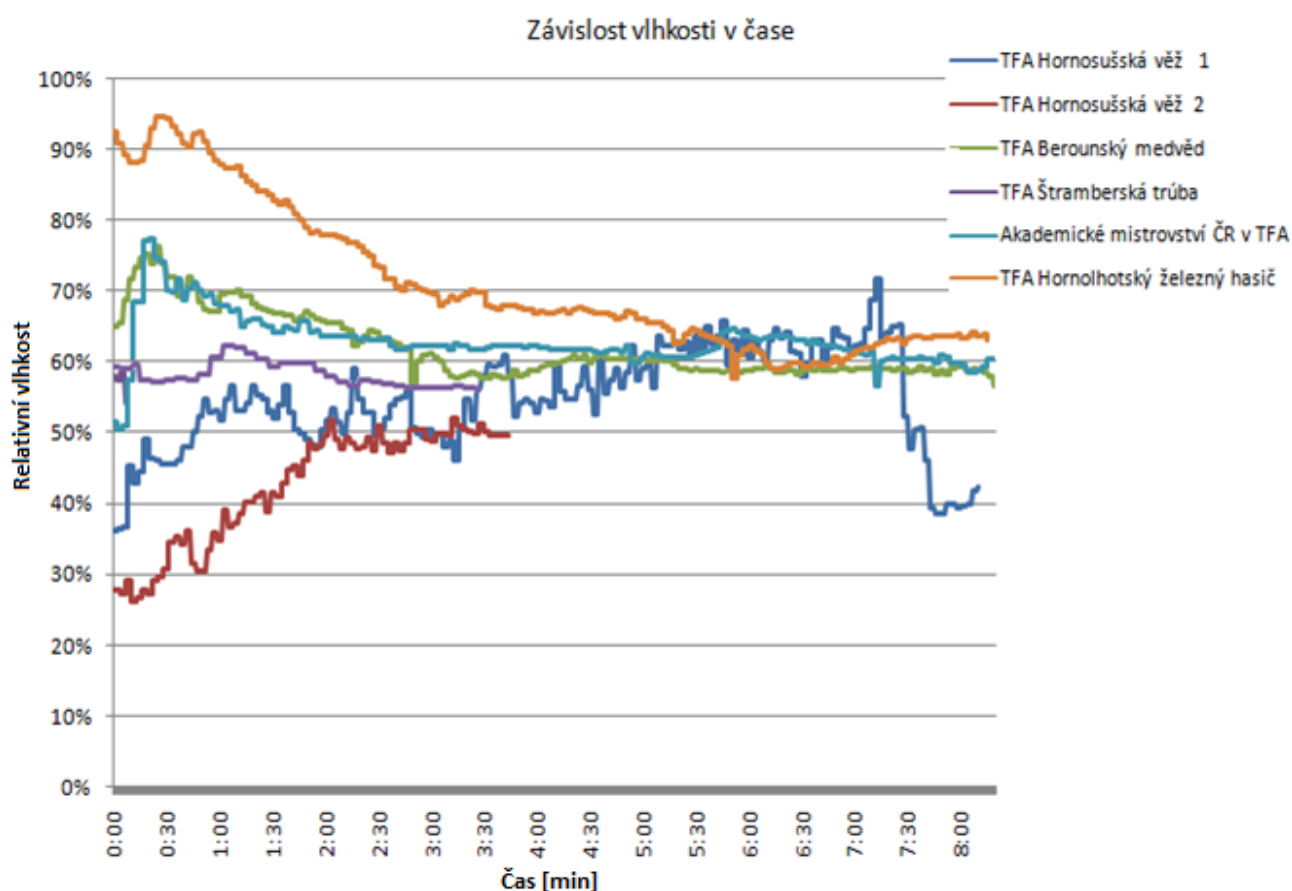
První se zastavíme na porovnání teplot, které vznikaly pod zásahovým oděvem při závodech. Z grafu je patrné, že tělo je dobře odizolováno od okolního prostředí a vytváří se pod zásahovým oděvem ustálené prostředí, které je regulováno ochrannými mechanismy těla před přehřátím. Při teplotách okolního prostředí pod 23 °C se teplota ustaluje na teplotě 25 °C, kde chvíli setrvává a pak začíná pomalu narůstat až do teploty 27°C. Tenhle nárůst teploty může dále narůstat, nemáme žádné měření, které by přesáhlo dobu 10 minut, takže popisujeme pouze zaznamenaný časový úsek, který máme zaznamenaný. Na druhou stranu při teplotách prostředí vyšších než 35 °C, dochází ke krátkodobému zvýšení teploty, to může být závislé na čase reakce organismu a na zvyšování teploty v důsledku fyzické zátěže. Po téhle době dochází ke snižování teploty (vycházíme pouze z jednoho měření, druhé bylo přerušeno) po měřené době až na teplotu 35°C. Teplota by se dala považovat za takzvaný strop, na které se organismus snaží snížit teplotu. Nicméně tohle tvrzení je podloženo pouze jedním měřením. Jelikož nemáme žádné měření, které by probíhalo v teplotách v rozmezí 25-35 °C, ale máme měření, které nám stanovuje horní a dolní teplotní hranice, můžeme průběh v těchto teplotách pouze odhadovat.



Obrázek 25 Porovnání naměřených teplot

Z měření relativní vlhkosti vzduchu pod oděvem vyplývá zajímavý fakt, že ať byla relativní vlhkost prostředí jakákoliv, ve všech případech se přibližovala a ustalovala na

hodnotě mezi 55-65 % relativní vlhkosti vzduchu. Z toho vyplývá, že po nasátí potu do všech tkanin, které jsme měli na sobě, tím je myšleno tričko a spodní vrstva zásahového obleku, se začíná vlhkost ustalovat na 55-65% relativní vlhkosti. Tahle vlhkost se ustálila pod oblekem, z čehož vyplývá, že vlhkostní bariéra zásahového obleku začala přebytečnou vlhkost odvádět pryč od těla. Tohle je důležité v případě, kdy by se dostal hasič do kontaktu s velkým tepelným zářením, které by prošlo hasičský oblek a mohlo by dojít ke vzniku výparu vody pod oblekem. Tím by mohlo dojít k opaření pokožky.



Obrázek 26 Porovnání naměřených relativních vlhkostí

## 9. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo experimentálně zjistit, jaké klimatické podmínky vznikají pod zásahovým oblekem Fireman Tiger Plus při zvýšené fyzické zátěži. To je, v našem případě, při disciplínách soutěže TFA. Tato soutěž je velmi fyzicky náročná, a proto byla ideální pro naše měření. Byly obavy o různorodosti daných soutěží, ale z výsledku vyplynulo, že počty a ani pořadí a druhy disciplín, neměly vliv na naše měření. Velmi důležité pro měření bylo stanovení fyzické námahy. To jsme provedli pomocí měření tepové frekvence a zjistili jsme rozmezí, ve kterých měření probíhalo. Dle měření jsme stanovili tepovou frekvenci, která byla naměřena zároveň při měření teploty a vlhkosti, hodnotou 185-195 tepů/min. Toto je hodnota pohybující se pod maximální tepovou frekvencí. Největší tepová frekvence byla naměřená v jednom okamžiku až 201 tepů/min.

Přestože bylo měření dvakrát přerušeno z technických důvodů, a měření nebylo kompletní, ve většině výsledků nám měřicí přístroj ALMEMO dával velice zajímavá data. Z dat vyplývá, že teplota pod zásahovým oblekem se při teplotě prostředí vyšší než 36 °C po čase sníží, až na teplotu okolo 35 °C a naopak pokud je teplota prostředí nižší, než 22 °C, dochází k zahřívání, až na teplotu okolo 25 °C, kde chvíli teplota setrvá a pak začne pomalu stoupat výš, vzhledem ke krátkému měření vystoupala až na teplotu ve dvou případech, a to 27 °C a v druhém 29 °C. Teploty by nejspíše ještě stoupaly, ale naše měření bylo omezeno délkou trvání závodu, vzhledem k velké fyzické náročnosti, delší by už být o moc nemohlo. Vůbec největší nárůst teploty byl pozorován u měření, kdy se začínalo z nejnižší teploty 13,9 °C na teplotu 29,5 °C. Vlhkost pro nás byla nejvíce překvapující, z měření vyplývá, že v měřených úsecích nezáleželo na relativní vlhkosti prostředí. Ve všech měřeních se hodnota ustálila na hodnotě mezi 55-65 % relativní vlhkosti vzduchu. Toto je hodnota, která se dá považovat za skutečnou hodnotu, která se může vyskytovat pod oděvy zasahujících hasičů.

Tahle hodnota by se neměla brát na lehkou váhu, protože při působení velkého tepelného toku na hasiče, by mohlo dojít k rychlému odpaření potu pod zásahovým oděvem a dojít k opaření hasiče. Tento jev se stává například při výcviku v tzv. flashover kontejnerech, kam vstupují v oblečení, které zdaleka nedosahuje takovýchle vlhkostí, takže opaření je méně pravděpodobné než v našem případě.

Zásahové oděvy jsou tak konstruovány, že odvádí velké množství vlhkosti pryč od těla hasiče, ale i tak dochází k nasávání potu do textilií. Tenhle problém se nedá nijak odstranit, dal by se jen do jisté míry potlačit. Potlačit zkrácením doby hasičů nasazených u požáru, to je častěji střídat zasahující hasiče, tím se sníží i riziko přehřátí organismu, které může vést až ke kolapsu. A dále při střídání měnit oděvy za suché. Tohle je reálné pouze částečně, protože každý hasič má pouze jeden zásahový oblek, ale zčásti by pomohla i výměna spodních vrstev pod zásahovým oblekem, to je výměna triček a spodního prádla.

## Seznam použité literatury

- [1] DYLEVSKÝ, Ivan. *Somatologie: [učebnice pro zdravotnické školy a bakalářské studium]*. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Olomouc: Epava, 2000. ISBN 80-862-9705-5.
- [2] ERTLOVÁ, Františka a Josef MUCHA. *Přednemocniční neodkladná péče: [učebnice pro zdravotnické školy a bakalářské studium]*. 2. přeprac. vyd. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2003, 480 s. ISBN 80-701-3379-1.
- [3] *Velká obrazová encyklopedie*. 1. vyd. Praha: Euromedia Group - Knižní klub, 2002, 656 s. ISBN 80-242-0864-4.
- [4] HAVLÍČKOVÁ, L. a kol. *Fyziologie tělesné zátěže 1. Obecná část*. 2. Vyd., Praha: Karolinum, 2008. 203 s. ISBN 80-7184-875-1.
- [5] ČSN EN 469. *Ochranné oděvy pro hasiče* Praha: Český normalizační institut, květen 2006, 48 s.
- [6] STANĚK, D. *Diplomová práce – Hodnocení komfortu záchranných oděvů příslušníků jednotek PO za standardních a extrémních podmínek při zásahu*. Vysoká škola báňská – Fakulta bezpečnostního inženýrství, Ostrava, 2011, 71 s.
- [7] ALMEMO® 2590. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: [http://www.indes.co.uk/almemo/almemo\\_2590.htm](http://www.indes.co.uk/almemo/almemo_2590.htm).
- [8] Sporttester RS100. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.polar.cz/view.php?Page=Detail&Zbozi=13104&Menu=884&Produkt=Polar-RS100-tmava-RS100tmv-RSserie>.
- [9] KOŽNÍ SOUSTAVA. *Gymnázium Ladislava Jaroše Holešov* [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.gymhol.cz/projekt/biologie/kuze/kuze.htm>.
- [10] Hypertermie. *Fakulta sportovních studií MU* [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/fyziologie/fyziologie-a-patofyziologie>.
- [11] Measuring heat flow. ALMEMO Manual, 9.edition 3-2-1.
- [12] TFA Vratimov CUP. In: *Požáry.cz* [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/64791-tfa-vratimov-cup-probeh-l-letos-naposledy-soutez-vyhrál-pavel-hess-z-polska/>.

- [13] TFA Hartaman 2013. In: *Požáry.cz* [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/64253-v-soutezi-tfa-hartaman-2013-se-vyrazne-prosadili-polsti-borci-vyhrali-obe-kategorie/>.
- [14] Pravidla soutěží v disciplínách TFA. *CZECH T.F.A* [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.tfa-czech.cz/pravidla-soutezi-v-disciplinach-tfa/>.
- [15] LI, Jun, Roger L. BARKER a A. Shawn DEATON. *Evaluating the Effects of Material Component and Design Feature on Heat Transfer in Firefighter Turnout Clothing by a Sweating Manikin*. 2007. Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/content>.



## Seznam obrázku

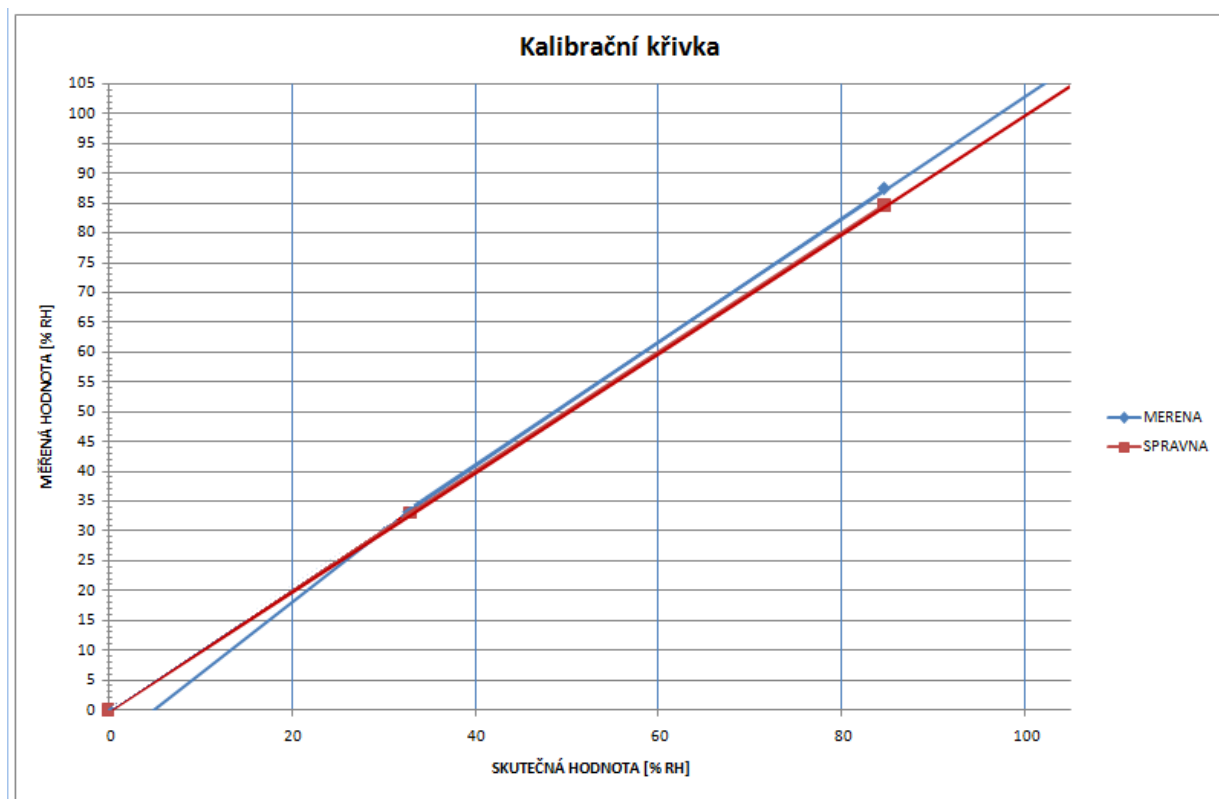
Obrázek 1 Děje v jednotlivých oděvech .....	3
Obrázek 2 Řez lidskou kůží .....	5
Obrázek 3 Schéma termoregulace .....	8
Obrázek 4 Hlavní tři materiály třívrstvého zásahového obleku .....	10
Obrázek 5 Roztažení čtyř hadic B.....	12
Obrázek 6 Přenesení dvou 20kg předmětů .....	12
Obrázek 7 Překonání 2m bariéry.....	12
Obrázek 8 Údery v Hammer boxu.....	12
Obrázek 9 Motání hadic.....	13
Obrázek 10 Přenesení 80kg figuríny .....	13
Obrázek 11 Hráz Slezská harta.....	13
Obrázek 12 Důlní věž František.....	13
Obrázek 13 Přístroj Almemo.....	15
Obrázek 14 Teplotně vlhkostní sonda .....	15
Obrázek 15 Sporttester RS100.....	15
Obrázek 16 Bezdrátový hrudní pás .....	15
Obrázek 17 Měření tepové frekvence .....	16
Obrázek 18 Měření na TFA Berounský medvěd.....	20
Obrázek 19 TFA Hornosušská věž 1 měření.....	21
Obrázek 20 TFA Hornosušská věž 2 měření.....	22
Obrázek 21 TFA Horní Lhota .....	22
Obrázek 22 TFA štramberská trúba .....	23
Obrázek 23 Akademické mistrovství v TFA.....	24
Obrázek 24 Měření v polygonu HBZS.....	25
Obrázek 25 Porovnání naměřených teplot .....	26
Obrázek 26 Porovnání naměřených relativních vlhkostí .....	27
Obrázek 27 Kalibrační křivka .....	34
Obrázek 28 Kalibrace přístroje ALMEMO .....	34

## **Seznam příloh:**

Příloha A      Graf kalibrace přístroje ALMEMO

## Příloha A

### Kalibrační křivka přístroje ALMEMO



Obrázek 27 Kalibrační křivka

SKUTEČNÁ	MĚŘENÁ
0	-6
33,01	33,5
84,68	87,4

Obrázek 28 Kalibrace přístroje ALMEMO